

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

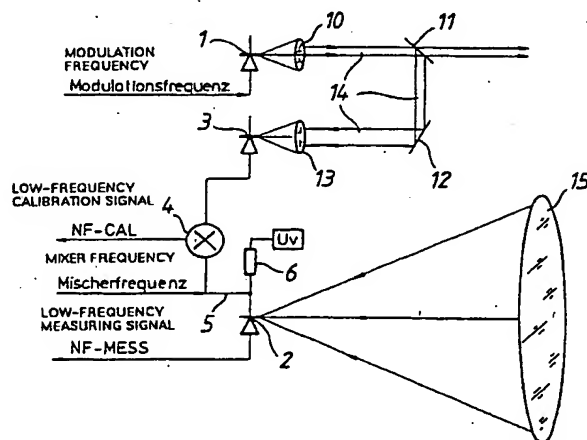
(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : G01S 7/497, 17/32	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/18019 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 30. April 1998 (30.04.98)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP97/05735 (22) Internationales Anmeldedatum: 17. Oktober 1997 (17.10.97) (30) Prioritätsdaten: 196 43 287.1 21. Oktober 1996 (21.10.96) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): LEICA AG [CH/CH]; Postfach, CH-9435 Heerbrugg (CH). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GIGER, Kurt [CH/CH]; Sportplatzstrasse 1097, CH-9464 Ruethi (CH).		(81) Bestimmungsstaaten: AU, CN, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>

(54) Title: DEVICE FOR CALIBRATING DISTANCE-MEASURING APPARATUS

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR KALIBRIERUNG VON ENTFERNMESSEGERÄTEN

(57) Abstract

The invention concerns a device for calibrating distance-measuring apparatus. A transmitter (1) emits high-frequency, modulated optical radiation which is reflected by an object to be measured and is received by a measurement receiver (2). Part of the transmitter radiation is always decoupled as reference radiation and guided via a calibration path to a reference receiver (3) whose electrical signals are fed to a frequency mixer (4). The frequency mixer (4) and the avalanche photodiodes acting as measurement receivers (2) of the measuring radiation are interconnected directly via an electrical connection line (5) upon which a mixer frequency acts. As a result thereof, optoelectronic calibration which completely compensates the temperature-dependent phase shifts of the avalanche photodiodes is possible. Since, in addition, the phase shifts generated in the reference and receiver signals by the temperature drifts of the transmitter (1) compensate one another, the overall accuracy of the distance measurement is increased, in particular for short measuring times and immediately after the apparatus has been switched on. Furthermore, in comparison with a successive mechanical calibration process, the measuring times are halved and advantages in terms of weight, cost and reliability are afforded since a mechanical change-over device is dispensed with.



### (57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Kalibrierung von Entfernungsmessgeräten. Ein Sender (1) emittiert eine hochfrequent modulierte optische Strahlung, die von einem Meßobjekt reflektiert und von einem Meßempfänger (2) empfangen wird. Ein Teil der Senderstrahlung wird stets als Referenzstrahlung ausgekoppelt und über einen Kalibrierweg auf einen Referenzempfänger (3) geführt, dessen elektrische Signale einem Frequenzmischer (4) zugeleitet werden. Der Frequenzmischer (4) und die als Meßempfänger (2) der Meßstrahlung dienende Avalanche-Fotodiode sind über eine mit einer Mischfrequenz beaufschlagten elektrischen Verbindungsleitung (5) direkt miteinander verbunden. Dadurch wird eine opto-elektronische Kalibrierung ermöglicht, die die temperaturabhängigen Phasenverschiebungen der Avalanche-Fotodiode vollständig kompensiert. Da sich zudem auch die durch die Temperaturdriften des Senders (1) erzeugten Phasenverschiebungen im Referenz- und Empfangssignal gegenseitig kompensieren, ergibt sich insgesamt eine erhöhte Entfernungsmessgenauigkeit insbesondere für kurze Meßzeiten und unmittelbar nach Einschalten des Geräts. Weiterhin ergeben sich im Vergleich zu einer sukzessiven mechanischen Kalibrierung halbierte Meßzeiten und zudem Gewichts-, Kosten- und Zuverlässigkeitsvorteile durch den Wegfall einer mechanischen Umschaltvorrichtung.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

### Vorrichtung zur Kalibrierung von Entfernungsmeßgeräten

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Kalibrierung von Entfernungsmeßgeräten entsprechend den Merkmalen im Oberbegriff des Anspruchs 1.

Entfernungsmeßgeräte der genannten Art sind als Handmeßgeräte im Handel.

- 5 Ihr Entfernungsmeßbereich beträgt einige 10m und sie werden hauptsächlich in der Bauvermessung, z.B. zum 3-dimensionalen Vermessen von Räumen eingesetzt. Der Sender emittiert eine intensitätsmodulierte Strahlung. Meist werden Wellenlängen im sichtbaren Bereich verwendet, was die Anzielung der Meßpunkte erleichtert. Die Strahlung wird vom Meßobjekt reflektiert bzw.  
10 gestreut und vom Empfänger aufgenommen. Aufgrund der Phasenlage der modulierten Strahlung gegenüber dem Sender ergibt sich die Entfernung zum Meßobjekt.

- Es ist bekannt, daß die Meßgenauigkeit dieser Entfernungsmeßgeräte stark von Umwelteinflüssen und gerätebedingten Einflüssen bestimmt wird. Beispielsweise  
15 wirken sich wechselnde Umgebungstemperaturen, der große Dynamikbereich der Reflexion des beleuchteten Meßobjekts, aber insbesondere eine bauteilbedingte Temperaturdrift der Elektronik auf die Entfernungsmessung aus. Um diese Einflüsse zu verringern wird eine geräteinterne Referenzstrecke bekannter Länge zur Kalibrierung verwendet.

- 20 Aus der DE 22 29 339 B2 ist ein elektrooptischer Entfernungsmesser bekannt, bei dem der emittierte Lichtstrahl zur Grob- und Feinmessung umschaltbar mit zwei verschiedenen Meßfrequenzen moduliert wird. Im Empfänger wird die Grobmeßfrequenz direkt ohne Mischung den Zwischenfrequenz-Verstärkern (ZF) zugeführt. Zudem wird im Empfänger ein Hilfsoszillator verwendet, dessen  
25 Frequenz so gewählt ist, daß sie der Differenz der beiden Meßfrequenzen

entspricht. Somit sind die Grobmeßfrequenz und die Niederfrequenz, die sich bei der Feinmessung nach einer Frequenzmischung ergibt, gleich. Dadurch wird ein sonst üblicher zweiter Hilfsoszillator eingespart, was zur Reduzierung teurer Bauteile führt. Bei der Durchführung einer Entfernungsmessung wird mit Hilfe  
5 einer mechanischen Umschaltblende der Meßstrahl wechselweise über eine Meß- und Kalibrierstrecke geführt.

In der DE 37 10 041 C2 ist eine Vorrichtung zur berührungslosen opto-elektronischen Abstandsmessung mit Hilfe von Faserbündeln zur Lichtleitung offenbart. Dabei trifft das Licht am Ende eines Faserbündels als Referenzlicht  
10 auf einen Referenzspiegel, während das Licht eines zweiten Faserbündels als Meßlicht über eine Linse auf einen Reflektor gerichtet ist. Die Auswertung des reflektierten Meß- und Referenzlichtes erfolgt über Mischstufen, die mit einem gemeinsamen Hilfsoszillator verbunden sind. Die Mischstufen liefern Zwischenfrequenzsignale an die Eingänge einer Phasenmeßeinrichtung.

15 In der DE 4 316 348 A1 wird eine Vorrichtung zur Distanzmessung beschrieben, bei der mit Hilfe einer schaltbaren Strahlenumlenkeinrichtung eine interne Referenzstrecke erzeugt wird. Dabei wird die Strahlenumlenkeinrichtung um eine Achse motorisch in den Meßlichtstrahlengang eingeschwenkt, wo sie das Meßlicht jetzt als Referenzlicht zur Kalibrierung auf die Empfangseinrichtung  
20 lenkt. Durch die mechanische Umschaltung der Strahlenumlenkeinrichtung gelangen somit Referenzlicht und Meßlicht abwechselnd auf die Empfangseinrichtung. Diese Umschaltung kann während eines Entfernungsmeßvorganges mehrmals erfolgen.

Während der Meßzeit, in der die Meß- und Referenzstrahlung zeitlich nacheinander detektiert wird, ändern sich die Driftzustände der elektronischen  
25 Bauteile. Alle elektronischen Bauteile und Leitungen bewirken im Signalpfad eines optischen Entfernungsmeßgerätes Signalverzögerungen. Diese sind nicht nur statischer Natur sondern sie ändern sich auch zeitlich, insbesondere aufgrund der Temperatur der elektronischen Bauteile. Neben Temperatur-

änderungen der Umgebung ist hauptsächlich die Eigenerwärmung der Elektronik, hier vor allem der Senderelektronik, für die Drift der Signale verantwortlich. Ein Phasenmesser registriert diese Signalverzögerungen als Phasenverschiebungen, die zusätzlich zu der eigentlich zu bestimmenden  
5 entfernungsabhängigen Phasenverschiebung hinzukommen.

Besonders ausgeprägt ist dieser Effekt direkt nach dem Einschalten des Entfernungsmeßgerätes, da in diesem Zustand die Temperaturänderungen der elektronischen Bauteile durch ihre Eigenerwärmung am größten sind. Dadurch kommt es zu besonders großen Signalverzögerungen, die eine Phasen-  
10 verschiebung der Signale und somit Fehler in der Entfernungsmessung bewirken. Aber gerade für batteriebetriebene Handmeßgeräte besteht die Forderung, daß sofort nach Einschalten des Gerätes mit der spezifizierten Genauigkeit gemessen werden soll. Durch mehrmaliges mechanisches Umschalten zwischen Meß- und Referenzstrahlung während einer Messung wird  
15 die thermische Drift der Elektronik zu einem Teil kompensiert. Eine hohe Meßgenauigkeit bei kurzen Meßzeiten unmittelbar nach dem Einschalten des Geräts wird dabei allerdings nicht erreicht.

Zudem sind viele Geräte so eingerichtet, daß sich am Ende einer Entfernungsmessung nach einer kurzen Wartezeit zumindest die Hochfrequenzelektronik des  
20 Senders automatisch abschaltet, da diese besonders viel elektrische Energie verbraucht. Durch die automatische Abschaltung wird der Akkumulator des Handmeßgerätes geschont. Bei einer erneuten Meßanforderung schaltet sich das Gerät dann automatisch wieder ein, wobei sich die damit verbundenen thermischen Driftprobleme, wie oben geschildert, wiederholen.

25 Einen weiteren Anteil zur Meßungenauigkeit liefert auch die üblicherweise als Meßempfänger eingesetzte Avalanche-Fotodiode. Diese besitzt zwar den Vorteil einer hohen Verstärkung, dafür muß aber eine hohe, von der Temperatur der Diode abhängige Arbeitsspannung in Kauf genommen werden. Da jedoch die Arbeitsspannung in Abhängigkeit von der Diodentemperatur nachgeregelt

werden muß, verändert sich zwangsläufig auch die Phasenlage des Empfangssignals und damit der Meßwert der Entfernung.

- Schließlich ergeben sich bei mechanischen Mehrfachumschaltungen während eines Meßvorganges hohe mechanische Beanspruchungen und somit eine hohe Abnutzung der bewegten Teile. Entsprechend aufwendige Konstruktionen bedeuten andererseits wiederum hohe Herstellkosten und meistens ein großes Gewicht und Volumen.

- Es ist die Aufgabe der Erfindung, bei der optoelektronischen Entfernungsmessung eine Vorrichtung zur Kalibrierung anzugeben, mit der hohe Entfernungsmessgenauigkeiten bei kurzen Meßzeiten und insbesondere unmittelbar nach Einschalten des Geräts erzielt werden, die Zuverlässigkeit des Geräts erhöht wird und mit der eine einfache und kompakte Konstruktion mit niedrigen Herstellkosten ermöglicht wird.

- Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

- Erfindungsgemäß wird aus dem Senderstrahlengang des Entfernungsmessgeräts permanent ein Teil der hochfrequent modulierten Senderstrahlung ausgekoppelt und über eine als Kalibrierstrecke dienende interne Referenzstrecke einem Referenzempfänger, z.B. einer PIN-Diode, zugeführt. Diese ist mit einem Frequenzmischer verbunden. Dieser Frequenzmischer wiederum ist direkt mit der als Meßempfänger der Meßstrahlung eingesetzten Avalanche-Fotodiode verbunden. In diese Verbindung wird ein hochfrequentes elektrisches Signal, das als Mischerfrequenz bezeichnet werden soll, eingekoppelt. Diese Mischerfrequenz wird somit einerseits über den Frequenzmischer mit dem hochfrequenten Modulationssignal der von dem Referenzempfänger empfangenen Referenzstrahlung gemischt, wodurch ein niederfrequentes Kalibriersignal entsteht. Andererseits wird die Mischerfrequenz mit dem hochfrequenten

Modulationssignal der von der Avalanche-Fotodiode empfangenen Meßstrahlung gemischt, wodurch ein niederfrequentes Meßsignal entsteht. Die Avalanche-Fotodiode stellt dabei einen sogenannten Direktmischer dar. Das niederfrequente Kalibrier- und das niederfrequente Meßsignal werden der Phasenmessung zugeführt. Dabei können zwei separate Phasenmesser zur gleichzeitigen Phasenmessung eingesetzt werden. Die Phasenmessung ist aber auch mit nur einem Phasenmesser durch sequentielles Messen möglich.

Entscheidend ist, daß durch die elektrische Verbindung zwischen dem dem Referenzempfänger zugeordneten Frequenzmischer und der Avalanche-Fotodiode sich die Signalverzögerungen, die sich aufgrund der variierenden Arbeitsspannung der Avalanche-Fotodiode ergeben, gleichermaßen auf das niederfrequente Kalibrier- und Meßsignal auswirken. Damit wird exakt dieselbe Phasenverschiebung bei dem niederfrequenten Kalibrier- und Meßsignal hervorgerufen und tritt deshalb bei der Phasenmessung mit Subtraktion der Meß- und Kalibrierphase nicht mehr auf.

Im Detail weisen Avalanche-Fotodioden gegenüber anderen Fotodioden eine etwa 100fach höhere Verstärkung und somit eine entsprechend hohe Empfindlichkeit auf. Sie benötigen dafür im Betrieb eine sehr viel höhere und temperaturabhängige Arbeitsspannung. Deswegen müssen Avalanche-Fotodioden mit variabler, von der Temperatur abhängigen Vorspannung betrieben werden. Dies hat zur Folge, daß sich die Kapazität einer Avalanche-Fotodiode mit der variierenden Vorspannung verändert, wodurch unerwünschte Phasenverschiebungen hervorgerufen werden. Diese Phasenverschiebungen sind jedoch sowohl für das von der Avalanche-Fotodiode gelieferte niederfrequente Meßsignal als auch für das niederfrequente Kalibriersignal wegen der elektrischen Verbindung zwischen Frequenzmischer und Avalanche-Fotodiode gleich groß. Somit ist die temperaturabhängig variierende Vorspannung der Avalanche-Fotodiode als Fehlerquelle für den aus der Phasenmessung ermittelten Entfernungswert eliminiert.

Ebenso werden auch die Temperaturdriften des Senders, insbesondere der Senderdiode und der zugehörigen Treiberelektronik kurz nach dem Einschalten des Geräts durch den erfindungsgemäßen Kalibriervorgang kompensiert. Die Detektion von Meß- und Referenzstrahlung erfolgt zeitgleich, indem ständig ein

5 Teil der Senderstrahlung dem Referenzempfänger zugeführt wird. Diese Zuführung kann beispielsweise durch Auskoppeln der Referenzstrahlung mittels eines teildurchlässigen Spiegels aus dem Senderstrahlengang erfolgen. Die ausgekoppelte Strahlung gelangt über die Referenzstrecke auf den Referenz-

10 detektor. Dabei kann auch immer eine ausreichende Intensität der zum Meß-

objekt führenden Meßstrahlung gewährleistet werden, da mit Hilfe der heutigen leistungsstarken Halbleiterlaser als Sender die Stärke ihrer Strahlungsemission entsprechend geregelt werden kann.

Dadurch, daß Referenz- und Meßstrahlung nicht zeitlich hintereinander sondern zeitgleich empfangen werden und ihre gegenseitige Phasenlage gemessen wird,

15 kalibriert sich eine Drift des Senders bei der Differenzbildung der Phasen heraus.

Insgesamt wird durch diese opto-elektronische Kalibrierung die Genauigkeit der Entfernungsmessung erhöht, und zwar unter den Anforderungen, daß nur kurze Meßzeiten zugelassen sind und daß sofort nach Einschalten des Geräts die erhöhte Meßgenauigkeit erreicht wird. Außerdem werden im Vergleich zu den

20 herkömmlichen sukzessiven Meßmethoden die Meßzeiten auf etwa auf die Hälfte verkürzt, da Umschaltvorgänge entfallen. Auch die Gerätezuverlässigkeit wird durch die Erfindung verbessert, da keine mechanisch beweglichen Bauteile notwendig sind. Darüber hinaus wirkt sich der Wegfall der mechanischen Umschaltvorrichtung durch geringeres Gewicht und Volumen für ein Handmeß-

25 gerät positiv aus. Ebenso sind auch die damit verbundenen niedrigeren Herstellkosten von Vorteil. Schließlich ist mit den kurzen Meßzeiten eine deutlich größere Anzahl von Messungen bei einer vorgegebenen Akkumulatorladung möglich.



Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung des Erfindungsgegenstandes,  
Fig. 2a eine herkömmliche "Phase Locked Loop" (PLL) - Schaltung,  
5 Fig. 2b eine Integration von PLL-Schaltung und Erfindungsgegenstand und  
Fig. 3 eine Kombination des Erfindungsgegenstandes mit einer herkömmlichen mechanischen Umschaltung.

- In Fig. 1 ist schematisch ein erfindungsgemäßes Entfernungsmeßgerät dargestellt. Die vom Sender 1 emittierte und von einer Kollimationsoptik 10 kollimierte optische Strahlung wird durch einen Strahlenteiler 11 in ein Meßstrahlenbündel und in ein Referenzstrahlenbündel aufgeteilt. Die Meßstrahlung gelangt zu einem Meßobjekt, dessen Entfernung bestimmt werden soll. Die vom Meßobjekt reflektierte oder gestreute Strahlung wird in üblicher Weise über eine Empfangsoptik 15 auf einen Meßempfänger 2 geleitet.
- 15 Die Referenzstrahlung wird nach Durchlaufen eines Referenzweges 14, der über den Strahlenteiler 11, einen Umlenkspiegel 12 und eine Optik 13 führt, von einem Referenzempfänger 3 empfangen. Der Referenzweg 14 stellt die optische Kalibrierstrecke des Entfernungsmeßgerätes dar. Selbstverständlich kann der Referenzweg 14 je nach Platzverhältnissen im Gerät auch anders gestaltet und  
20 beispielsweise der Referenzempfänger 3 direkt dem Strahlenteiler 11 nachgeordnet werden. Als Referenzempfänger 3 wird vorzugsweise eine PIN-Diode eingesetzt. Die elektrischen Signale des Referenzempfängers 3 werden an einen Frequenzmischer 4 weitergeleitet. Wird statt der PIN-Diode als Referenzempfänger 3 eine Avalanche-Fotodiode eingesetzt und diese als Direktmischer  
25 betrieben, so ersetzt sie zugleich den Frequenzmischer 4.

Dem Sender 1 wird eine hochfrequente Modulationsfrequenz aufgeprägt, mit der die emittierte Strahlung intensitätsmoduliert wird. Mit einer ähnlich großen Frequenz als Mischerfrequenz werden gleichzeitig über eine elektrische

Verbindungsleitung 5 der Meßempfänger 2 und der Frequenzmischer 4 versorgt. Dabei wird als Meßempfänger 2 eine Avalanche-Fotodiode eingesetzt, die als Direktmischer betrieben wird und die über einen Vorwiderstand 6 an einer variablen Vorspannung  $U_V$  liegt.

- 5 Die Mischung der vom Meßempfänger 2 empfangenen Meßsignale mit den Signalen der Mischerfrequenz führt zu einem niederfrequenten Signal NF-MESS. Die bei der Mischung - oder mathematisch gesehen einer Multiplikation - der Signale ebenfalls entstehenden hochfrequenten Signalanteile werden mit üblichen Filtern ausgefiltert. Zugleich werden die Signale der Mischerfrequenz  
10 auch mit den von dem Referenzempfänger 3 empfangenen Referenzsignalen im Frequenzmischer 4 gemischt und führen zu einem niederfrequenten Signal NF-CAL. Die gegenseitige Phasenlage von NF-MESS und NF-CAL wird mit Hilfe je eines Phasenmessers gleichzeitig gemessen. Es wird die Phasendifferenz dieser niederfrequenten Signale gebildet, woraus sich die Entfernung zum Meßobjekt  
15 ergibt.

- Erfindungsgemäß sind der Meßempfänger 2 und Mischer 4 über die Verbindungsleitung 5, die mit der hochfrequenten Mischerfrequenz beaufschlagt wird, elektrisch miteinander verbunden. Dies hat den entscheidenden Vorteil, daß die vom Meßempfänger 2 erzeugten unerwünschten Phasen-  
20 verschiebungen, die unvermeidbar aufgrund der temperaturabhängigen Spannungsnachführung der Vorspannung  $U_V$  entstehen, gleichzeitig und in gleichem Ausmaß die Signale NF-MESS und NF-CAL beeinflussen. Dadurch werden bei der Differenzbildung dieser beiden Signale die unerwünschten Phasenverschiebungen durch den Meßempfänger 2 vollständig ausgeglichen.  
25 Somit wird letztlich mit Hilfe der Verbindungsleitung 5 gemäß der Schaltungsanordnung in Fig. 1 eine sehr genaue Kalibrierung für die Entfernungsmessung ermöglicht.

- Darüber hinaus werden zugleich auch die Driften des Senders 1 und seiner Treiberelektronik aufgrund des zeitgleichen Empfangs der Referenz- und  
30 Meßstrahlung während der laufenden Entfernungsmessung kompensiert. Somit

ist die Phasendifferenz von Referenz- und Meßstrahlung unabhängig von der Drift des Senders 1. Die Phasendifferenz enthält im wesentlichen nur noch die Entfernungsinformation.

5 Mit dieser opto-elektronischen Kalibrierung erhöht sich die Entfernungsmeßgenauigkeit des Geräts bei kurzen Meßzeiten und kurz nach Einschalten des Geräts im Vergleich zu der Kalibrierung mit mechanischer Umschaltung deutlich. Zudem sind Gewicht und Kosten verringert, die Zuverlässigkeit des Geräts erhöht und eine größere Anzahl von Messungen mit nur einer Akkuladung möglich.

10 Für den Sender 1 ist gemäß Fig. 1 eine Laserdiode mit einer nach vorn gerichteten Strahlungsemission eingesetzt. Statt dessen können auch kommerziell erhältliche Laserdioden verwendet werden, die ihre Strahlung zugleich in zwei entgegengesetzte Richtungen emittieren. Dabei läßt sich die nach vorn gerichtete Strahlung als Meßstrahlung und die rückwärts gerichtete  
15 Strahlung als Referenzstrahlung nutzen. Die Referenzstrahlung kann direkt auf den Referenzempfänger 3 gerichtet werden. Somit braucht in diesem Fall die Referenzstrahlung nicht aus dem Meßstrahlengang ausgekoppelt werden und es erübrigen sich der Strahlenteiler 11 und gegebenenfalls auch der Umlenkspiegel 12.

20 Weiterhin sind auch Laserdioden erhältlich, in denen zusätzlich eine Empfangsdiode integriert ist, die die rückwärts emittierte Laserstrahlung empfangen kann. Diese Empfangsdiode dient normalerweise zur Regelung der Laserlichtleistung. Sie kann aber für den erfindungsgemäßen Zweck auch den Referenzempfänger 3 darstellen. Damit wird in einem einzigen elektronischen Baustein die  
25 Strahlungserzeugung und die Detektion der Referenzstrahlung realisiert. Bei dieser platzsparenden und kostengünstigen Variante müssen allerdings die Leistungsgrenzen der integrierten Empfangsdiode berücksichtigt werden.

Eine weitere Schaltungsvariante betrifft den Frequenzmischer 4. Üblicherweise werden die für den Sender 1 benötigte Modulationsfrequenz und die für den Meßempfänger 2 und den Frequenzmischer 4 benötigte Mischerfrequenz mit Hilfe einer „Phase Locked Loop“ (PLL) - Schaltung erzeugt, wie sie in Fig. 2a schematisch dargestellt ist. Hierzu werden die hochfrequenten Signale eines fest  
5 eingestellten Quarzoszillators und eines steuerbaren, in seiner Frequenz veränderlichen Quarzoszillators einem Frequenzmischer 4a zugeführt. Das im Frequenzmischer 4a erzeugte niederfrequente Signal wird im Phasenkomparator mit der niederfrequenten NF-Referenzphase verglichen. Dementsprechend wird  
10 die Frequenz des steuerbaren Quarzoszillators phasenstabil zur NF-Referenzphase geregelt.

Die Funktion des Frequenzmischers 4a der PLL-Schaltung kann aber auch gleichzeitig von dem Frequenzmischer 4 wahrgenommen werden. In Fig. 2b ist dargestellt, wie der Frequenzmischer 4 für die PLL-Schaltung mitbenutzt werden  
15 kann. In einem solchen Fall regelt die PLL-Schaltung automatisch stets die Differenz zwischen der Phase der Modulationsfrequenz und der Phase der Mischerfrequenz auf einen konstanten Wert bezüglich der NF-Referenzphase der PLL-Schaltung. Wird dieser konstante Wert einmal durch eine Kalibrierung bei der Gerätefertigung ermittelt und im Gerät abgespeichert, so genügt eine  
20 einzige Phasenmessung pro Distanzmessung. Insgesamt wird dabei nur ein einziger Frequenzmischer und Phasenmesser im Gerät benötigt, so daß sich Kostenvorteile ergeben.

Weiterhin kann für eine weitere Ausgestaltungsvariante eine zusätzliche LED eingesetzt werden, mit deren Hilfe zu Beginn einer jeden Entfernungsmessung  
25 der Meßempfänger 2 mit einer bekannten Lichtintensität beleuchtet wird. Damit kann der Arbeitspunkt des Meßempfängers 2 eingestellt werden, d.h. es wird die Vorspannung  $U_V$  der als Meßempfänger 2 dienenden Avalanche-Fotodiode eingeregelt. Dazu wird mit den im Entfernungsmeßgerät bereits vorhandenen und erfindungsgemäßen Mitteln die zusätzliche LED niederfrequent moduliert,

- um vom Hintergrundlichtpegel unabhängig zu sein, die modulierte Lichtemission vom Meßempfänger 2 gemessen und damit die Vorspannung  $U_V$  eingeregelt. Dieser Vorgang läuft innerhalb weniger Millisekunden ab, wodurch die gesamte Meßzeit nur unerheblich beeinflußt wird. Vorteilhafterweise liefert diese
- 5 anfängliche Einregelung der Vorspannung  $U_V$  auf ihren Arbeitspunkt bei jeder Entfernungsmessung einen zusätzlichen Beitrag zur Verbesserung der Meßgenauigkeit. Darüber hinaus kann sogar die sonst grundsätzliche Bestimmung des spezifischen Temperaturkoeffizienten einer jeden Avalanche-Fotodiode entfallen.
- 10 Schließlich kann der Erfindungsgegenstand auch mit einem aus dem Stand der Technik bekannten Entfernungsmeßgerät kombiniert und verbunden werden. Fig. 3 zeigt schematisch eine solche Kombination der erfindungsgemäßen opto-
- elektronischen Kalibrierung mit einer herkömmlichen Kalibrierung mit Strahlumschaltung. Dabei kann die Meßstrahlung mit Hilfe der Strahlumschaltvorrichtung
- 15 20a,b über einen Strahlenteiler 12' und einen Spiegel 21 direkt auf den Meßempfänger 2 gelangen. Die Strahlumschaltvorrichtung 20a,b kann wie in Fig. 3 dargestellt mechanisch ausgeführt sein. Natürlich ist auch eine elektro-optische Ausführung möglich, z.B. mit Hilfe von Kerrzellen. Mit Hilfe der Strahlumschalt-
- 20 vorrichtung 20a,b wird somit alternierend ein Kalibrier- und Meßsignal vom Meßempfänger 2 erzeugt, wobei beide Signale von den bereits beschriebenen Vorteilen der Verbindung 5 profitieren, und zugleich liegt auch das opto-
- elektronische Kalibriersignal des Referenzempfängers 3 vor. Insgesamt wird durch diese zweifache Kalibrierung die Meßgenauigkeit noch weiter gesteigert und übertrifft die Meßgenauigkeiten der Meßgeräte mit jeweils der einzelnen
- 25 Kalibrierart. Für die Kombination und Verbindung der beiden Kalibrierarten müssen dann allerdings wieder lange Meßzeiten und ein aufwendigeres Meßinstrument in Kauf genommen werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Kalibrierung von Entfernungsmeßgeräten mit einem Sender (1), der eine hochfrequent modulierte optische Strahlung emittiert und ein Meßobjekt beleuchtet, einem Meßempfänger (2), der die vom Meßobjekt reflektierte Strahlung detektiert, und einem Referenzempfänger (3), wobei die Entfernungsmessung nach dem Phasenmeßprinzip erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, daß
- 5
- a) eine interne Referenzstrecke (14) als Kalibrierstrecke dient, über die stets ein Teil der vom Sender (1) emittierten Strahlung auf den
- 10 Referenzempfänger (3) gelenkt wird, so daß die im Referenzempfänger (3) und im Meßempfänger (2) detektierte Strahlung gleichzeitig ausgewertet werden kann, und
- b) eine elektrische Verbindungsleitung (5) zwischen einem die elektrische Signale des Referenzempfängers (3) empfangenden Frequenzmischer (4) und einer als Meßempfänger (2) dienenden Avalanche-Fotodiode
- 15 besteht, wobei in die elektrische Verbindungsleitung (5) eine hochfrequente Mischerfrequenz eingespeist wird, so daß die hochfrequente Mischerfrequenz die Vorspannung ( $U_V$ ) der Avalanche-Fotodiode überlagert und gleichzeitig dem Frequenzmischer (4) zugeführt
- 20 wird, wodurch im Frequenzmischer (4) ein niederfrequentes Kalibriersignal (NF-CAL) und in der Avalanche-Fotodiode ein niederfrequentes Meßsignal (NF-MESS) entsteht, deren gegenseitige Phasenlage zur Entfernungsbestimmung ermittelt wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Referenzempfänger (3) eine PIN-Fotodiode eingesetzt ist.
- 25
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Referenzempfänger (3) im Sender (1) integriert ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Referenz-empfänger (3) eine als Direktmischer betriebene Avalanche-Fotodiode eingesetzt ist, wodurch der Frequenzmischer (4) ersetzt ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**,  
5 daß der Frequenzmischer (4) zugleich auch als Mischer zur Erzeugung der Mischerfrequenz und der Modulationsfrequenz des Senders (1) vorgesehen ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Arbeitspunktermittlung des Meßempfängers (2)  
10 eine separate, niederfrequent modulierte LED vorgesehen ist, die zu Beginn einer jeden Entfernungsmessung den Meßempfänger (2) mit einer bekannten Lichtintensität für eine sehr kurze Zeit beleuchtet.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Strahlumschaltvorrichtungen (20a,b) vorgesehen  
15 ist, die so eingestellt werden kann, daß die Strahlung des Senders 1 statt zum Meßobjekt direkt auf den Meßempfänger (2) gelangt.

1/4

Fig.1

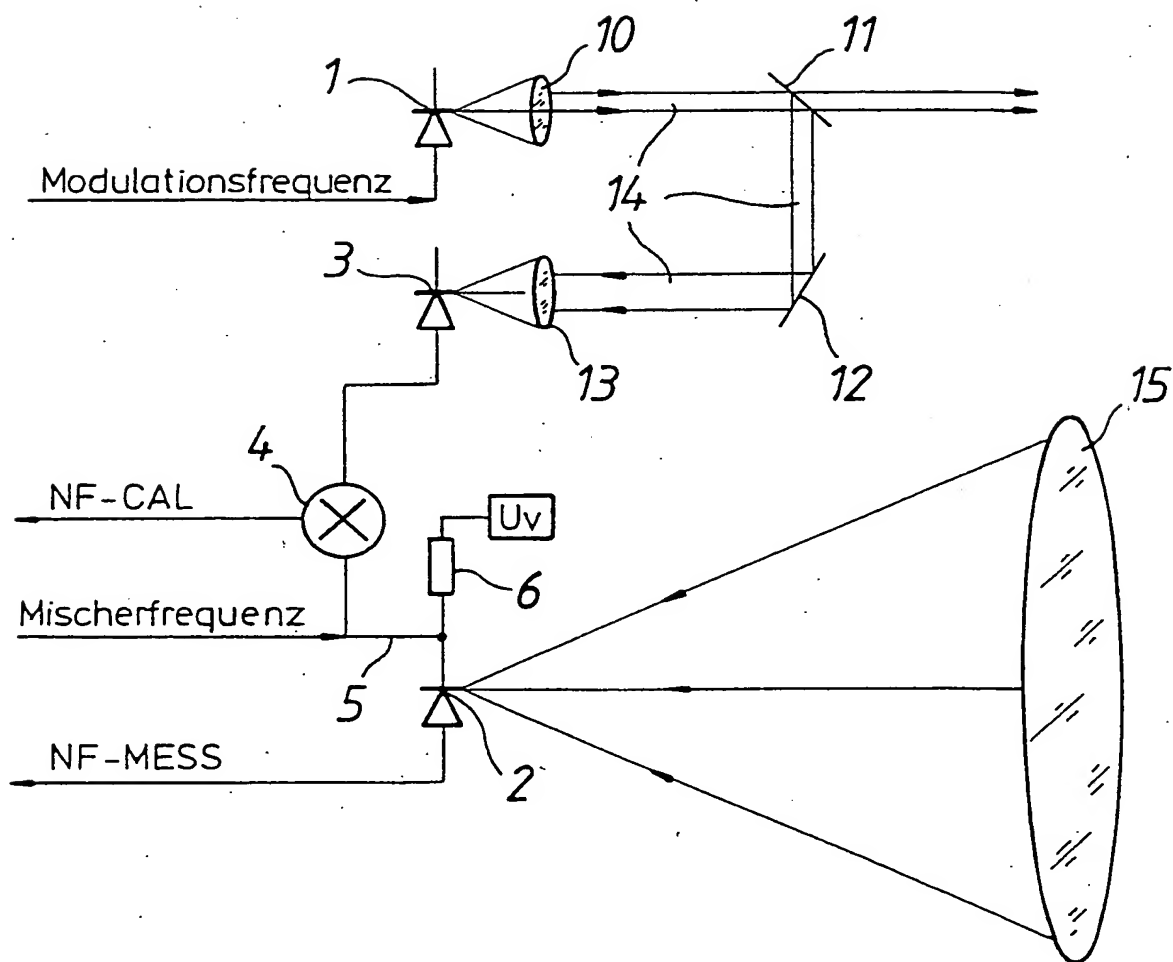
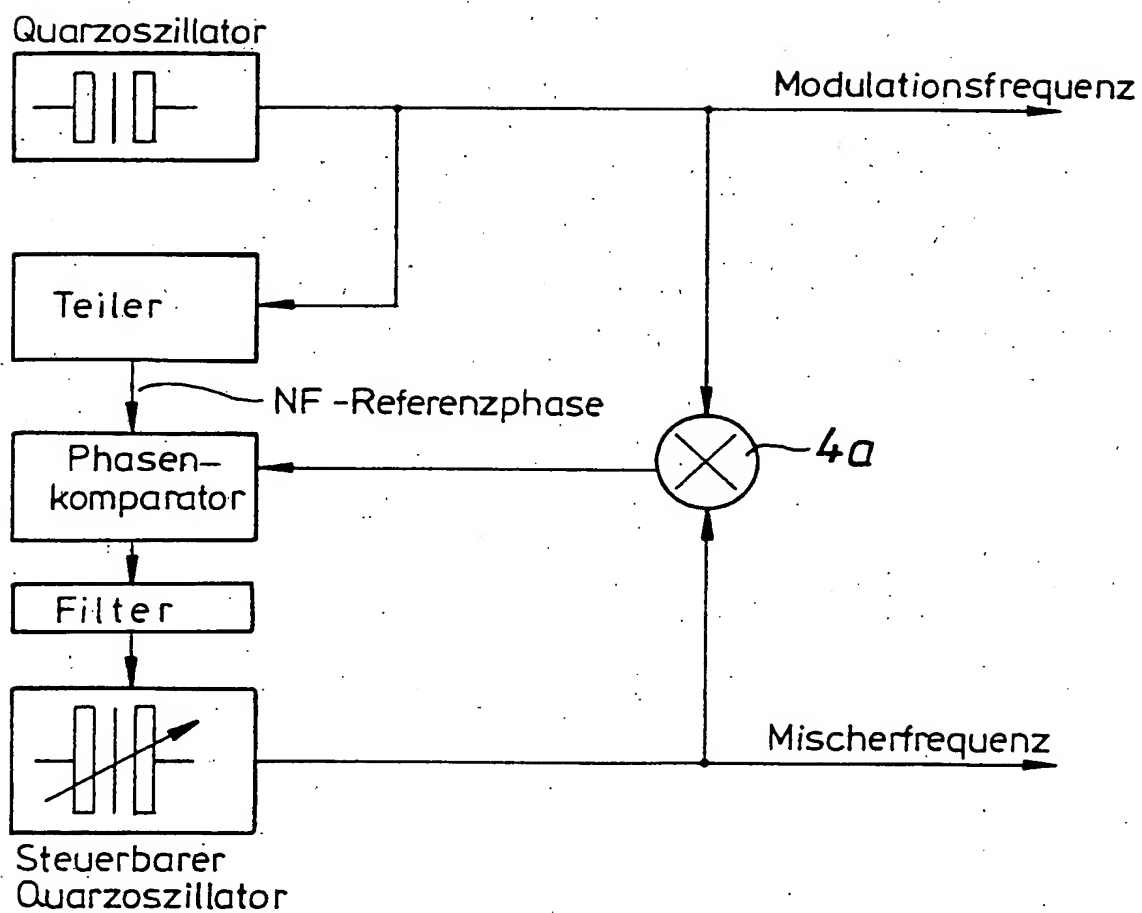




Fig. 2a



3/4

Fig.2b

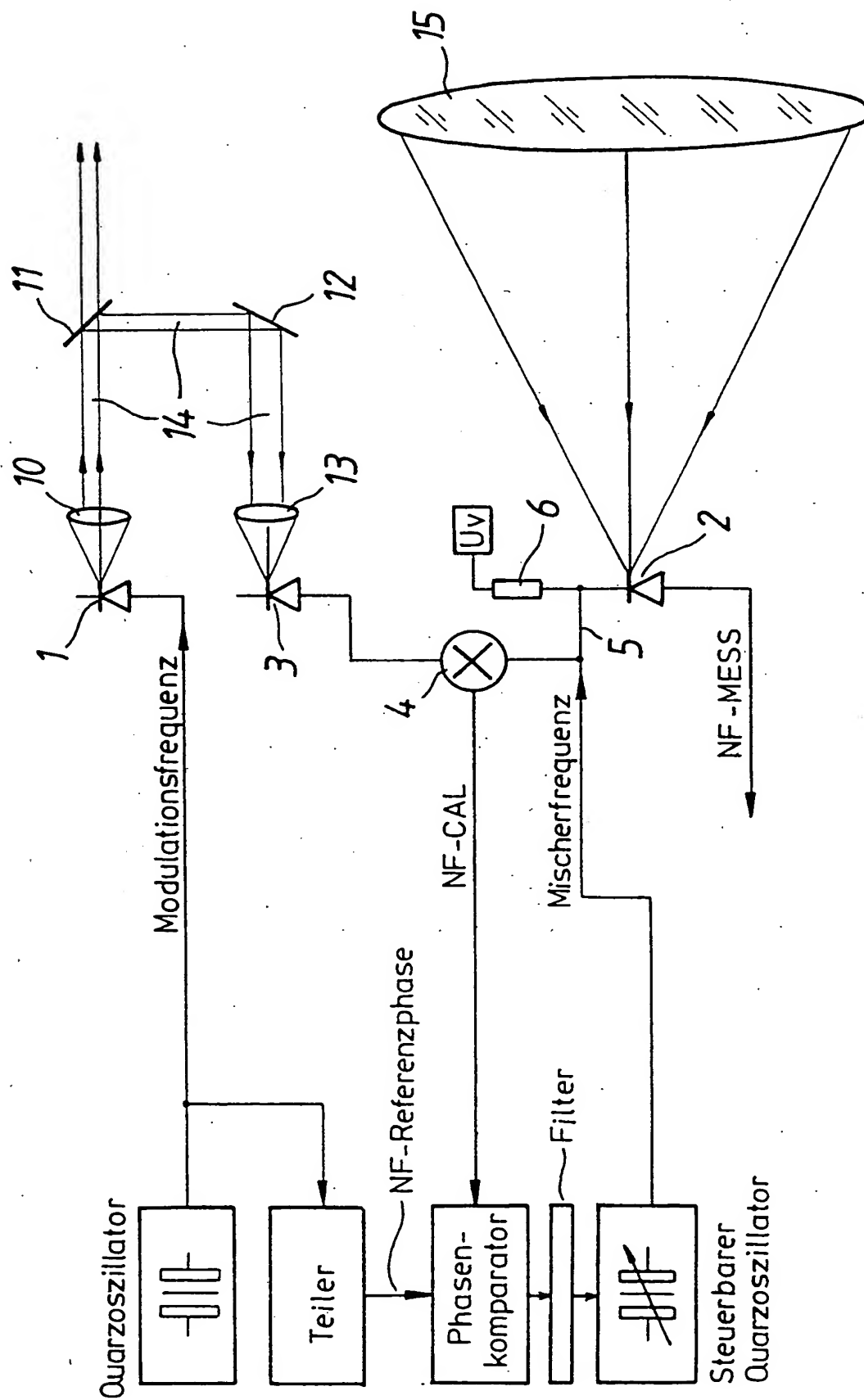
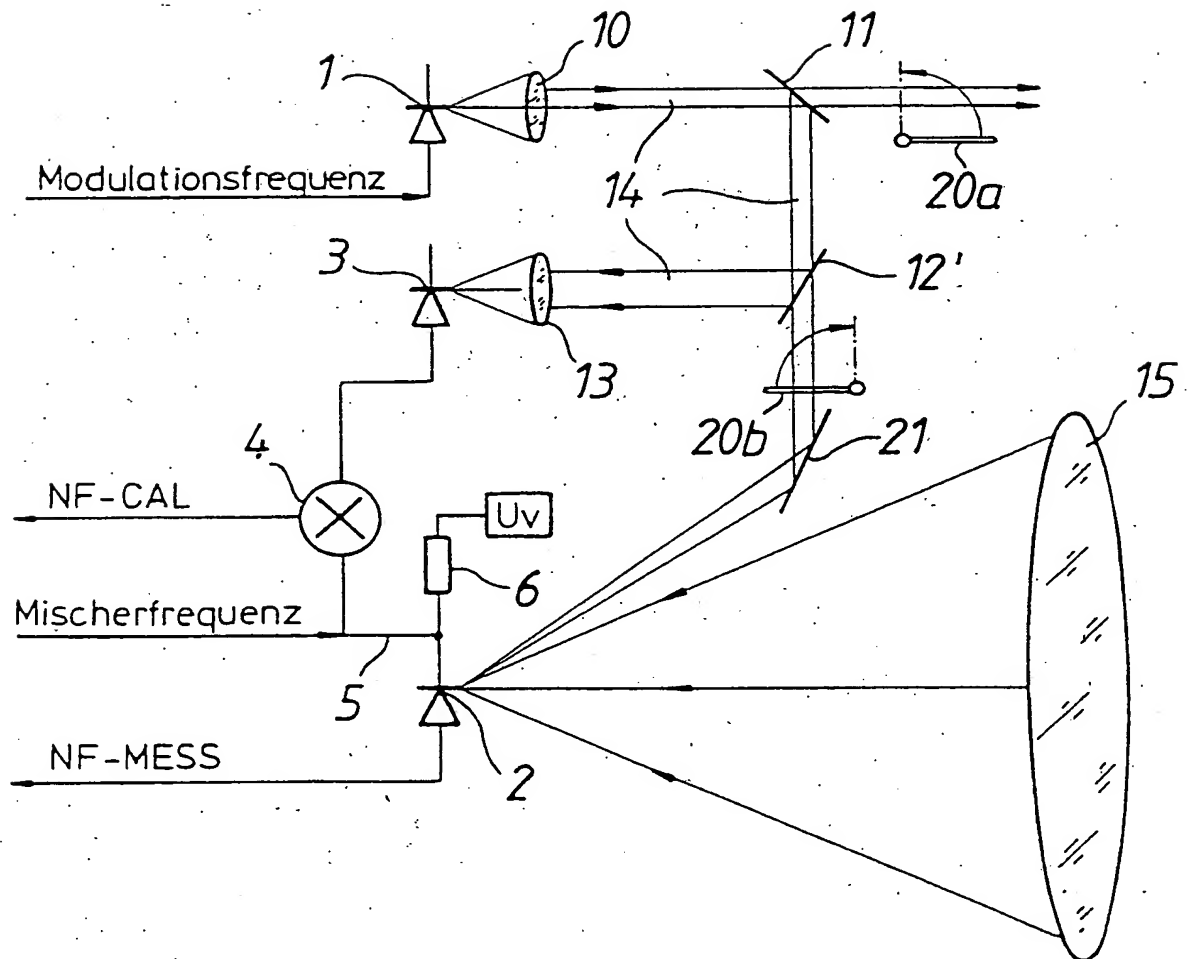


Fig.3



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 97/05735

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 G01S7/497 G01S17/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 125 736 A (VANINETTI ET AL.) 30 June 1992 see column 3, line 29 - column 4, line 60; figure 1	1
A	US 5 180 922 A (HUG) 19 January 1993 see column 1, line 36 - line 45; figure 1 see column 4, line 9 - line 40	1
A	EP 0 336 027 A (PANDEL INSTRUMENTS) 11 October 1989 see page 5, line 13 - line 30; figure 2	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 February 1998

Date of mailing of the international search report

27.02.98

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Augarde, E

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 97/05735

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5125736 A	30-06-92	NONE	
US 5180922 A	19-01-93	DE 4002356 C DE 59108629 D EP 0439011 A JP 7229966 A	28-02-91 30-04-97 31-07-91 29-08-95
EP 336027 A	11-10-89	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. nales Aktenzeichen

PCT/EP 97/05735

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 G01S7/497 G01S17/32

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 G01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 125 736 A (VANINETTI ET AL.) 30.Juni 1992 siehe Spalte 3, Zeile 29 - Spalte 4, Zeile 60; Abbildung 1	1
A	US 5 180 922 A (HUG) 19.Januar 1993 siehe Spalte 1, Zeile 36 - Zeile 45; Abbildung 1 siehe Spalte 4, Zeile 9 - Zeile 40	1
A	EP 0 336 027 A (PANDEL INSTRUMENTS) 11.Oktober 1989 siehe Seite 5, Zeile 13 - Zeile 30; Abbildung 2	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. Februar 1998

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

27.02.98

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Augarde, E

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/05735

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5125736 A	30-06-92	KEINE	
-----			
US 5180922 A	19-01-93	DE 4002356 C	28-02-91
		DE 59108629 D	30-04-97
		EP 0439011 A	31-07-91
		JP 7229966 A	29-08-95
-----			
EP 336027 A	11-10-89	KEINE	
-----			

